

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 574 653**

51 Int. Cl.:

F03B 3/12 (2006.01)

F03D 3/06 (2006.01)

F03D 80/00 (2006.01)

H02K 7/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.10.2005 E 05797075 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.03.2016 EP 1805412**

54 Título: **Turbina y compresor que utilizan un diseño de rotor con borde de ataque con tubérculos**

30 Prioridad:

18.10.2004 US 619002 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

21.06.2016

73 Titular/es:

**WHALEPOWER CORPORATION (100.0%)
27 TYRREL AVENUE
TORONTO, ONTARIO M6G 2G1, CA**

72 Inventor/es:

**DEWAR, STEPHEN W.;
WATTS, PHILIP y
FISH, FRANK ELIOT**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 574 653 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Turbina y compresor que utilizan un diseño de rotor con borde de ataque con tubérculos

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere en general a la captura eficaz de la fuerza del viento y de otros fluidos en movimiento, incluyendo pero no limitado al agua y al vapor de agua y la conversión de esa fuerza en la generación de energía eléctrica, u otras formas de energía utilizables. Más particularmente, la presente invención se refiere a un nuevo compresor y turbina que utilizan un diseño de un rotor con borde de ataque con tubérculos configurado para mejorar la sustentación y reducir la fricción.

Antecedentes de la invención

10 Los molinos de viento y los molinos hidráulicos se han utilizado durante siglos para bombear agua o para alimentar una amplia gama de dispositivos mecánicos. Durante el siglo pasado ambos se han convertido en importantes medios de generación de energía eléctrica.

15 En los últimos años ha sido empleado un considerable esfuerzo para mejorar la eficiencia de las turbinas eólicas e hidráulicas utilizadas para la generación de energía eléctrica con el fin de reducir la dependencia de los recursos no renovables. La expansión significativa de la capacidad de generación de energía de este tipo de turbinas eólicas e hidráulicas será, no obstante, altamente dependiente de las mejoras en la tecnología existente. Esto se debe al hecho de que "los emplazamientos primarios" para las turbinas eólicas e hidráulicas, que tienen flujos de energía media comparativamente altos y están razonablemente cerca de las carreteras y de las redes de energía, son cada vez más escasos. Como consecuencia, se reconoce ampliamente que si se quieren alcanzar aumentos futuros
20 proyectados en la capacidad de generación de energía de turbinas eólicas e hidráulicas, las tecnologías actuales deben mejorarse con el fin de obtener más energía de las turbinas eólicas e hidráulicas existentes en los emplazamientos primarios. Tales mejoras, por supuesto, también deben permitir el despliegue eficiente de las turbinas eólicas e hidráulicas en los emplazamientos secundarios, que ofrecen flujos de energía poco significativos. De hecho, las iniciativas para mejorar las tecnologías de turbinas eólicas e hidráulicas existentes están en marcha
25 en todo el mundo en una serie de programas públicos y privados, muchos de los cuales se conocen como cualquiera de las tecnologías de "baja velocidad de viento" o de "bajo caída (agua)".

30 El desarrollo de las tecnologías de baja velocidad de viento y de baja caída de agua se ha fomentado activamente por los gobiernos de muchos países. Por ejemplo, en los Estados Unidos de América, el Departamento de Energía ha establecido asociaciones públicas/privadas para fomentar el desarrollo de ambos tipos de generación de energía. Típicamente, estas estrategias implican el desarrollo de turbinas con rotores más grandes y de grandes instalaciones diseñadas para capturar más energía mediante la interacción con una parte más grande del flujo de fluido.

35 La investigación y el desarrollo reciente de turbinas de baja velocidad de viento y de baja caída de agua, y en especial las turbinas de baja velocidad de viento, demuestra claramente que hasta la fecha, las mejoras han sido incrementales en lugar de fundamentales. En lo que respecta al desarrollo de turbinas de baja velocidad de viento, por ejemplo, prácticamente todos los proyectos de investigación de turbinas de baja velocidad de viento están diseñados para explorar la misma lista reducida de opciones, incluyendo las siguientes:

- 40 (a) el desarrollo de turbinas más grandes para cosechar una mayor área de afluencia;
 (b) el desarrollo de torres más altas para llevar palas de rotor de mayor tamaño y tomar ventaja de la velocidad de viento superior a mayores alturas;
 (c) las combinaciones más eficientes de generadores, los dispositivos tren de transmisión y electrónicas de potencia mejoradas;
 (d) el desarrollo de turbinas más flexibles y de torres, (incluidas palas articuladas, configuraciones flexibles y medios de fabricación, etc.) y,
 45 (e) los diversos enfoques que permiten el funcionamiento en condiciones de viento muy variables tales como ráfagas.

50 También se espera que futuros proyectos de investigación consigan mejoras incrementales para otras tecnologías utilizadas para diseñar, fabricar y controlar las turbinas de baja velocidad de viento. Por ejemplo, se prevé que se desarrollarán trenes de transmisión avanzada, nuevas técnicas de fabricación del rotor, y mejoras en el control de la turbina de baja velocidad de viento y de la tecnología de monitorización. Estas mejoras en conjunción con menores costes para montar turbinas de baja velocidad de viento muy altas, in situ dará lugar a aumentos en la capacidad de generación de energía de turbinas de baja velocidad de viento.

55 Es importante tener en cuenta que prácticamente todos los proyectos de investigación de la turbina de baja velocidad de viento se han centrado en el desarrollo de turbinas más grandes capaces de producir entre 1 y 6 megavatios de electricidad. Este aumento de la escala se ha producido a pesar de que los rotores de turbina más

grandes son a menudo menos eficientes que los más pequeños desde un punto de vista del coste. El coste de la tierra para los emplazamientos, las consideraciones estéticas y el coste de establecer conexiones a la red, los costes de mantenimiento y los costes de la construcción de vías de acceso, pueden superar con creces cualquier beneficio que se derive de la mejora de la capacidad de generación de energía de estas turbinas de baja velocidad de viento más grandes. También es importante tener en cuenta que el diseño de turbinas de baja velocidad de viento con rotores de turbinas más grandes sufren otros problemas además de ser poco rentables. Como el tamaño de las palas de la turbina aumenta, las torres de las turbinas deben crecer en tamaño y fuerza. Las escalas actuales ya requieren de secciones de la torre que están cerca del límite de lo que puede ser transportado por carreteras existentes y montado in situ. Las palas articuladas o flexibles y las torres denominadas "suaves" (o ligeramente flexibles) ofrecen un potencial para un mayor crecimiento en la escala de turbinas de baja velocidad de viento, pero parece que la tecnología convencional se está acercando a los límites superiores de escala práctica.

Problemas inherentes similares han afectado el despliegue de turbinas de baja caída de agua de mayor escala. Los intentos de aumentar la escala de flujo de entrada han impuesto considerables costes de construcción y han establecido límites prácticos en el número de emplazamientos con suficiente flujo para justificar el gasto.

Un ejemplo de un rotor para absorber la energía de un fluido que fluye y/o para entregar energía a un fluido que fluye, se divulga en CA 2,068,539 (Moser, Joseph), en el que el rotor consiste en un buje y, al menos, una pala de rotor. Para lograr el objeto, para el diseño de un rotor del tipo en cuestión, de que la eficiencia del rotor sea mejorada aún más durante la absorción de la energía de un fluido que fluye y durante la entrega a un fluido que fluye, la al menos una pala de rotor comprende al menos una onda aerodinámica y/o hidrodinámica, que define dos bordes con la parte plana de la pala de rotor. Ese borde que es abordado por el flujo radial está inclinado en un ángulo respecto a la normal en los bordes de la pala de rotor, de manera que dicho borde se extiende en dirección exterior desde el borde de la pala de rotor que ataca la dirección de rotación, mientras que el otro borde está en ángulo recto con los bordes de la pala de rotor.

Un ejemplo de una estructura para su uso como un ala de avión, una pala propulsora, una pala sopladora, o una pala de ventilador se describen en el documento GB 791,563 (Vaghi, Joseph), que comprende un miembro alargado que tiene una anchura mayor que su espesor y que tiene un borde que se extiende longitudinalmente, sustancialmente recto, mientras que su otro borde longitudinal tiene un contorno ondulado corrugado inversamente curvado que continúa en rangos transversales interconectados del miembro en forma de una serie alternativa de nervaduras convexas y unos rebajes cóncavos entre los bordes longitudinales, caracterizado por la característica de que el contorno ondulado en el segundo borde longitudinal mencionado es mayor y se forma sustancialmente en toda la anchura de la lámina de aire, de tal manera que la altura de las nervaduras convexas y la profundidad de los rebajes cóncavos disminuye gradualmente desde este borde longitudinal, de forma sustancial, al borde longitudinal recto, de manera que los bordes de la lámina de aire tienen una superficie corrugada correspondiente.

El documento WO 98/22711 proporciona un ejemplo más de una pala de aerogenerador con múltiples turbuladores dispuestos en el borde de ataque para amortiguar o prevenir completamente vibraciones de parada.

Se apreciará de lo anterior que hay una necesidad de mejoras en el diseño de turbinas eólicas e hidráulicas, que ofrezcan una mayor eficiencia sin aumentos significativos en los costes. Es por tanto un objeto de la presente invención proporcionar una turbina/compresor novedosos.

Resumen de la invención

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona una turbina/compresor de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas.

Se proporciona una turbina/compresor eólica e hidráulica con una mayor eficiencia en comparación con diseños de turbina/compresor del estado de la técnica anterior. Esto se consigue utilizando un rotor que presente una sustentación mejorada, una aerodinámica reducida y resultado a la fricción parasitaria y una resistencia mejorada a la parada.

Por consiguiente, en un aspecto, se proporciona una turbina/compresor que comprende:

al menos un dispositivo magneto-eléctrico;
 un tren de transmisión acoplado a dicho dispositivo magneto-eléctrico; y
 al menos una pala de rotor acoplada a dicho tren de transmisión, teniendo dicha pala de rotor un borde de ataque conformado, configurado para mejorar la sustentación y reducir la fricción.

El borde de ataque incluye una serie de tubérculos separados formados a lo largo del mismo. La turbina/compresor puede comprender además un sistema de control para ajustar la orientación de la pala de rotor de manera que la pala de rotor se enfrenta al flujo de fluido entrante. La turbina/compresor puede incluir también un segundo sistema de control para alterar la forma de la pala de rotor. El segundo sistema de control puede alterar el cabeceo de la pala de rotor y/o puede alterar la separación y/o la forma de los tubérculos.

En un modo de realización, el tren de transmisión es un árbol acoplado directamente a la pala de rotor y al dispositivo magneto-eléctrico. En otro modo de realización, el tren de transmisión incluye una disposición de árbol de transmisión y una disposición de transmisión que actúa entre la pala de rotor y el dispositivo magneto-eléctrico.

De acuerdo con otro aspecto, se proporciona una turbina/compresor que comprende:

- 5 al menos un generador;
un tren de transmisión acoplado a dicho generador; y
al menos una pala de rotor acoplada a dicho tren de transmisión, teniendo dicha pala de rotor un borde de ataque conformado con una serie de tubérculos separados formados a largo del mismo.
- 10 La turbina/compresor proporciona ventajas ya que la sustentación adicional generada por las palas de rotor no contribuye a una fricción adicional, sino más bien, mejora la relación sustentación / fricción. Como consecuencia de ello, puesto que las palas de rotor presentan menor fricción, se requiere menos fuerza estructural para las torres de apoyo en cualquier entorno de viento dado. Por supuesto, esto se traduce en menores costes. Además, mediante el ajuste de la orientación de las palas de rotor de modo que tengan un cabeceo escalonado dentro del flujo de fluido,
- 15 se puede mejorar aún más la sustentación. Las características de la sustentación mejorada permiten que se capture más potencia de flujos de fluidos disponibles. La características de parada mejorada de la pala de rotor provoca una reducción de la fricción por lo tanto, permitiendo que la pala de rotor funcione en una gama más amplia de tasas de flujo de fluido y aumente aún más la cantidad de energía que puede ser capturada del flujo de fluido disponible. Además, la forma de las palas de rotor ayuda a reducir el bombeo de envergadura y, por tanto, la turbulencia en la
- 20 punta del rotor y, por tanto, se reduce el ruido.

Breve descripción de los dibujos

Los modos de realización se describirán ahora más completamente con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La figura 1A es una vista en perspectiva de una sección de una pala de rotor de turbina que tiene tubérculos a lo largo de su borde de ataque enfrente del mástil de soporte de carga de la pala de rotor;

- 25 La figura 1B es una vista en planta de una pala de rotor de turbina que tiene protuberancias a lo largo de su borde de ataque, siendo omitido el giro en la pala de rotor para facilitar la ilustración;

La figura 1C es una vista en planta de una conexión de pala de rotor que tiene protuberancias a lo largo de su borde de ataque, siendo omitido el giro en la conexión de las palas de rotor para facilitar la ilustración;

La figura 2 es una vista lateral de la sección de pala de rotor de turbina representada en la figura 1A;

- 30 La figura 3A es una vista lateral de una turbina de flujo de fluido simplificada que utiliza palas de rotor de turbina del tipo mostrado en las figuras 1A y 1B o una pala de rotor de turbina convencional montada en las conexiones de la pala de rotor de la figura 1C acopladas a un generador a través de un árbol de transmisión directa;

- La figura 3B es una vista lateral de un generador de turbina de flujo de fluido simplificada empleando palas de rotor de la turbina de ajuste manual del tipo mostrado en las figuras 1A y 1B o palas de rotor de una turbina convencional provistas de las conexiones de la pala de rotor de la figura 1C acopladas a un generador a través de un tren de engranajes;
- 35

- La figura 3C es una vista lateral de una turbina que emplea las palas de rotor de la turbina del tipo mostrado en las figuras 1A y 1B o palas de rotor de una turbina convencional provistas de conexiones de la pala de rotor de la figura 1C con una transmisión de guiñada para mantener la orientación de las palas de rotor de modo que se enfrenta dentro del flujo de fluido entrante; y
- 40

La figura 3D es una vista lateral de generadores en línea que emplean palas de rotor de turbina del tipo mostrado en las figuras 1A y 1B o palas de rotor de una turbina convencional provistas de las conexiones de pala de rotor de la figura 1C.

Descripción detallada de los modos de realización

- 45 Volviendo ahora a las figuras 1A, 1B y 2, se muestra una pala de rotor de turbina y, en general se identifica por el número de referencia 10. Como se puede apreciar, la pala 10 de rotor de turbina está acoplada a un buje 12 fijo (véase la figura 3A) y tiene un cuerpo 14 de pala que se extiende desde una raíz 16 a una punta 18 de la pala. Una viga 20 estructural tal como una "D-spar" está conformada de forma integral dentro del cuerpo 14 de la pala permitiendo que la energía de rotación sea transmitida al buje 12. El cuerpo 14 de la pala tiene un borde 22 de
- 50 ataque.

A diferencia de las palas de rotor de una turbina convencional, el borde 22 de ataque se proporciona con tubérculos 24, a lo largo de su longitud entre la raíz 16 y la punta 18 de la pala, similares a los descritos en la Patente de EE.UU. No. 6.431.498. Los tubérculos 24 en este caso está normalmente separados de manera uniforme a lo largo del borde 22 de ataque y proporcionan a la pala 10 de rotor una sustentación mejorada y mejores características de parada mientras que al mismo tiempo, reducen la fricción que muestra la pala 10 de rotor.

Aunque no se ilustra, la pala 10 de rotor de turbina está, de hecho, retorcida para tener en cuenta las diferentes velocidades de viento encontradas por la pala 12 de rotor entre la punta 18 de la pala y la raíz 16 como resultado del giro de la pala de rotor alrededor del buje 12 fijo. Por ejemplo, si la velocidad de la punta 18 del rotor es de 64 m/s, la velocidad en un punto a lo largo de la pala 12 de rotor que es una cuarta parte de la distancia desde el buje 12, será de 16 m/s. Como es sabido por los expertos en el estado de la técnica, las características de parada de la pala 10 de rotor son una función de la velocidad del flujo de fluido y del ángulo en el que el flujo de fluido impacta a la pala de rotor. El retorcimiento a lo largo de la pala 10 de rotor evita tener una parte de la pala de rotor parada, produciendo así una fuerza de frenado sobre la rotación, mientras que otra parte de la pala de rotor está generando sustentación, lo cual produce la rotación.

Como los tubérculos 24 en el borde 22 de ataque de la pala 10 de rotor proporcionan a la pala de rotor una mayor sustentación y mejores características de parada, el grado de torsión dispuesto en la pala 10 de rotor se selecciona para tener en cuenta estas características de manera que una sustentación mejorada y mejores características de parada puedan traducirse en un aumento de la eficiencia de la generación de energía eléctrica, en particular, la característica de sustentación mejorada de la pala 10 de rotor permite un mayor poder de captura de flujos de fluidos disponibles. La característica de parada mejorada de la pala de rotor provoca por lo tanto una reducción de la fricción, permitiendo que la pala 10 de rotor funcione en una gama más amplia de tasas de flujo de fluido y aumenta aún más la cantidad de energía que puede ser capturada desde el flujo de fluido disponible. Esta última característica es de particular importancia a la luz de la necesidad de girar la pala de rotor con el fin de reducir la parada en radios internos lo que permite que la parte de la pala 12 de rotor más cercana a la raíz 16 cabecee en un ángulo más pronunciado. Como resultado, se genera sustentación en la porción interna de la pala 10 de rotor a diferencia de diseños de rotor convencionales. Además, los tubérculos 24 en el borde 22 de ataque de la pala 10 de rotor reducen el bombeo de envergadura y por lo tanto la turbulencia de la punta de la pala y en consecuencia reducen el ruido.

Volviendo ahora a la figura 3A, se muestra una turbina 50 que emplea palas 10 de rotor del tipo anteriormente descrito. Como puede verse, la turbina 50 incluye un generador 52 acoplado al buje 12 mediante un árbol 54 de transmisión del rotor. La turbina 50 en este modo de realización es particularmente adecuada para su uso en entornos de flujo de fluido estables tales como por ejemplo los flujos de agua en caída, generadores de vapor, y generadores de turbinas de chorro/gas, etc., que pueden ser operados con el fin de producir una tasa de flujo de fluido controlada en las palas 10 de rotor. Proporcionar dicho flujo de fluido controlado para las palas 10 de rotor produce la rotación de las palas 10 de rotor y del buje 12, que a su vez produce la rotación del árbol 54 de transmisión. Como el árbol 54 de transmisión está unido directamente al rotor del generador 52, la rotación del rotor resulta en la producción de electricidad a una velocidad optimizada estable.

De forma alternativa, la turbina 50 puede estar configurada como una turbina eólica de accionamiento directo. En este caso, el generador 52 incluye un rotor magnético permanente (no mostrado) conectado directamente al árbol 54 de transmisión. La rotación del rotor magnético resulta en la generación de una corriente eléctrica variable. La corriente eléctrica variable generada es a su vez alimentada a la electrónica del control de potencia para su conversión en corriente la cual puede ser suministrada a una red eléctrica o a dispositivos eléctricos locales. En este modo de realización, la turbina, preferentemente, incluye medios o bien manuales o automáticos para orientar la turbina con respecto al viento como se describirá. El tamaño del generador 52 es preferentemente coincidente con los niveles de flujo de viento típicos de forma que se consiguen eficiencias deseadas.

La turbina 50 también se puede emplear en una configuración de transmisión directa utilizada en aplicaciones de turbina de potencia de agua de alta caída y de vapor de agua, en las que el flujo de fluido que se acopla a las palas 10 de rotor es lo suficientemente rápido para girar el árbol 54 de transmisión a un velocidad alta, con la que se pueden implementar generadores 52 de una escala muy grande. En dichas aplicaciones en las que el flujo de fluido está controlado de manera que permanece en o cerca de una tasa deseada, el diseño de las palas 10 de rotor puede coincidir con las tasas de flujo conocidas permitiendo que se genere una máxima potencia sin requerir un control activo o pasivo de la parada del rotor. Sin embargo, en las aplicaciones en las que la tasa de flujo de fluido es variable de una manera o bien ambiental o controlada, la pala de rotor puede estar configurada para mantener el control de potencia pasivo (a través de las características de parada de la pala) o un control de potencia activo a través de la actuación de los controles de cabeceo. Una o ambas de estas técnicas de control de potencia se emplean preferentemente cuando la turbina está implementada como una turbina eólica (aerogenerador). Se ha de tener en cuenta como una cuestión práctica que los diseños de generadores existentes adecuados para operaciones de transmisión directa, a tasas de giro de bajas a moderadas, tienden a ser demasiado grandes para su implementación económica en turbinas eólicas por encima de los 6 MW.

Es posible emplear un control de parada o cabeceo para mantener una tasa constante razonable de giro para dichas turbinas. Sin embargo es bien conocida en el Estado de la técnica que las turbinas eólica son menos eficientes cuando funcionan a tasas de giro constantes. Como consecuencia, las turbinas de transmisión directa deberían ser capaces de funcionar a velocidades variables comprendidas entre una velocidad de arranque que podría producir daños. La potencia generada puede ser procesada mediante electrónica de potencia, (no mostrada, pero bien conocida en el estado de la técnica), con el fin de hacerla apta para el funcionamiento de dispositivos eléctricos o para la distribución de una forma estable adecuada a la red de distribución de potencia eléctrica.

La figura 3B muestra una turbina 150 para su uso en un entorno de flujo de fluido lento que también emplea palas 10 de rotor del tipo anteriormente descrito. En este modo de realización, el buje 12 está acoplado a un árbol 152 de transmisión de baja velocidad. El árbol 152 de transmisión está acoplado a una caja de cambios o transmisión 154 que a su vez acciona un árbol 156 de transmisión de alta velocidad. El árbol 156 de transmisión de alta velocidad está acoplado al árbol 158 de transmisión de un generador 160 de alta velocidad. Los generadores de alta velocidad son por lo general, más pequeños y más baratos que los generadores de baja velocidad. El generador 160 está dimensionado preferiblemente para que coincida con las características de flujo de fluido de un entorno de flujo de fluido lento.

El ajuste de las características del rotor, (cabeceo, guiñada, giro, despliegue de tubérculos, flexibilidad, amortiguación, etc.), puede efectuarse a mano o bajo control dinámico. Tales sistemas de control manual y dinámico son bien conocidos en el estado de la técnica.

La figura 3C muestra otra turbina 250 para su uso en un entorno de flujo de fluido lento que de forma similar emplea palas 10 de rotor del tipo anteriormente descrito. En este modo de realización, el buje 12 está acoplado a un árbol 252 de transmisión de baja velocidad. El árbol los 252 de transmisión está acoplado a una caja de cambios o transmisión 254 que a su vez acciona árboles 256a y 256b de transmisión de alta velocidad. El árbol 256b de transmisión de alta velocidad está acoplado al árbol 258 de transmisión de un generador 260 de alta velocidad a través de un sistema 262 de embrague y/o freno. Un freno 264 de rotor y un anillo 266 de deslizamiento se disponen en el árbol 252 de transmisión.

Un sistema 280 de control de guiñada se acopla a un conjunto 281 de montaje de la turbina, el cual soporta al rotor, al tren de transmisión y al generador para permitir que todo el conjunto rote con el fin de mantener la orientación de las palas 10 de rotor en una dirección en contra del viento deseada. Como se puede apreciar, el sistema 280 de control de guiñada incluye un engranaje 282 de guiñada accionado mediante un accionamiento 284 de guiñada a través de un piñón 288. Un servo 290 de guiñada detecta la velocidad del viento y controla el accionamiento 284 de guiñada a través de un codificador (no mostrado) para permitir que la orientación de la pala de rotor se ajuste. Un servo 290 de guiñada también controla al freno 292 de guiñada para permitir que las palas 10 de rotor estén bloqueadas en su posición.

Si se desea, la turbina 250 puede también incluir un sistema de control de cabeceo de la pala de rotor para ajustar el cabeceo de las palas de rotor para controlar la tasa de rotación de los árboles de alta y/o baja velocidad para hacerla coincidir con las tasas de rotación del generador. Tal y como se apreciará, el sistema de control de cabeceo de la pala de rotor es similar al sistema de control de guiñada descrita anteriormente. Al igual que las palas de rotor mejoradas con tubérculos muestran un rango de operación más amplio de cabeceo estable, el control de cabeceo de la pala de rotor se puede ajustar para mantener un cabeceo escalonado dentro de los flujos de fluido a cualquier velocidad y por tanto se incrementa la generación de potencia máxima. El sistema de control de cabeceo de la pala de rotor, preferentemente, se puede emplear para dirigir las palas de rotor en el caso de rachas de viento de velocidad excepcionalmente alta que de otro modo podrían dañar las palas de rotor, el tren de transmisión y/o el generador. Además, a pesar del hecho de que las palas de rotor mejoradas con tubérculos tenderán a producir menos fricción que las palas convencionales, en la mayoría de ángulos de cabeceo, en algunos casos las velocidades de viento pueden producir suficiente fricción como para producir fuerzas potencialmente dañinas en la torre. En tales casos, el sistema de control de cabeceo de la pala de rotor se puede emplear para ajustar el cabeceo de la pala de rotor como respuesta a un sensor y a un bucle de control de retroalimentación (no mostrado) el cual monitoriza la velocidad del viento y si es necesario la tensión estructural en la torre y proporciona señales de control adecuadas al sistema de control de cabeceo de la pala de rotor.

En otro modo de realización, la turbina 250 puede estar diseñada para adaptarse a los cambios en las tasas de flujo de fluido que pueden suceder lentamente, (es decir cambios en la tasa de flujo que pueden ocurrir durante días, semanas o meses). Cursos de agua de baja caída hacen frente a dichas variaciones lentas en tasas de flujo. En este caso, se puede emplear una combinación de métodos y medios para adaptarse a esta variaciones lentas de flujo de fluido. Por ejemplo, la turbina 250 puede incluir un sistema de control de la pala de rotor de la turbina (no mostrados) para variar el giro, el cabeceo, el combado, el espesor e incluso el tamaño de los tubérculos sobre los bordes de ataque de las palas de rotor. Con este fin, la piel exterior de las palas de rotor 10 puede estar formado de material flexible estirada sobre el sustrato de soporte. Actuadores hidráulicos, electromecánicos y/o piezoeléctricos puede ser proporcionados a lo largo de las palas de rotor que puede ser accionado para cambiar la forma de las palas de rotor. Los bordes de ataque de las palas de rotor pueden comprender una combinación de componentes móviles y fijos comparables a los alerones en las alas de avión con los componentes móviles siendo ajustables con

respecto a los componentes fijos para modificar las características aerodinámicas o hidrodinámicas de las palas de rotor. El sistema de control de la pala de rotor de la turbina puede ser sensible a los ajustes mecánicos realizados por un operador y/o sensible a los codificadores de posición y/o sensores de medición de caudales de fluido, a las características de rotor, y a los parámetros de funcionamiento de la turbina.

5 En otro modo de realización más, la turbina 250 puede estar también diseñada para hacer frente a las situaciones en las que las tasas de flujo de fluido estén sujetas a cambios periódicos de magnitud importante, los cuales de otro modo podrían resultar en daños al generador o a otros componentes del conjunto. En este caso, la turbina puede incluir un sistema de desvío de fuerza tal como por ejemplo, un sistema de frenado activo en conexión con una transmisión apropiada, un mecanismo automatizado de ajuste de características para reducir la eficiencia del rotor aumentando la parada o para dirigir las palas de rotor. El sistema de desviación de la fuerza puede responder a ajustes mecánicos realizados por un operador y/o responder a codificadores de la posición y/o a sensores que miden las tasas de flujo de fluido, las características del rotor, y los parámetros de funcionamiento de la turbina.

10 Tal y como se apreciará, se prefieren modificaciones adicionales de la turbina 250 si la turbina se va a utilizar en situaciones en las que las tasas de flujo de fluido se someten a variaciones significativas frecuentes, como suele ser a menudo el caso en aplicaciones de turbinas eólicas. Las tasas de flujo de energía eólica son, por lo general, mucho más variables que las tasas de flujo de agua. Esta variabilidad en el potencial de recursos de energía eólica varía ampliamente según la temporada, los patrones climáticos a gran escala, la región geográfica, las características físicas y geográficas locales, tales como las formaciones terrestres (colinas, valles, etc.), los árboles cercanos y otras obstrucciones de superficie, incluso la hora del día. Una discusión sobre la variabilidad del viento está disponible en el sitio web de US-DOE, la página web de la Asociación de Energía Eólica de Dinamarca y el sitio Strategis del gobierno canadiense

15 En realidad, hay grandes diferencias en la velocidad media del viento, y, por lo tanto, en la energía potencial disponible, de región a región. Por ejemplo, en el territorio continental de EE.UU., sólo una pequeña fracción de las masas terrestres experimenta velocidades medias del viento superiores a 8 metros por segundo, (clasificados como emplazamientos de viento de Clase 6 y Clase 7). Las áreas con recursos de viento en el orden de Clase 1 a Clase 5 constituyen la mayor parte de los recursos del país. Además, tales velocidades medias del viento están lejos de ser uniformes. Los vientos aumentan y caen por todas partes, pero en la Clase 6 y las regiones más altas, el impacto neto es en gran parte insignificante. La turbina 250 se puede adaptar para estos estándares más bajos, pero hacen uso de sistemas de control para hacer frente a las ráfagas de viento de alta velocidad, utilizando tanto un freno activo como pasivo o mediante el empleo de un sistema de embrague para evitar el sobrecalentamiento del generador, o cambiando los ángulos de cabeceo de la pala de rotor para frenar eficazmente en contra de las tasas de rotación en exceso, mediante el ajuste de las palas de rotor hasta la parada.

20 La tecnología convencional es adecuadamente eficiente para la producción de energía en entornos de Clase 6 o superior de viento pero típicamente, estos sistemas producen electricidad a un 50-60% de la tasa en los ambientes de Clase 4, lo que aumenta drásticamente los costes. Dicha tecnología es marginalmente económica en el mejor de los casos para la Clase 3 e inferior.

25 Para la Clase 6 y emplazamientos superiores, la turbina 250 puede incluir sistemas de control activo para controlar las características de la pala de rotor como se ha descrito anteriormente. La sustentación mejorada y la fricción reducida resultante de la utilización de las palas 10 de rotor produce más potencia de rotación al eje del rotor, la cual puede estar dirigida a producir tasas de rotación más altas o más par motor. Sin embargo, las palas de rotor también se detienen a velocidades de viento más bajas, lo que significa que también funcionarán en un rango más amplio de velocidades de viento y, como consecuencia la potencia transmitida al árbol de transmisión puede variar a través de un rango más amplio. Métodos y medios para operar en todo el intervalo efectivo y para aumentar la producción de energía eléctrica pueden incluir el uso de una transmisión automática que puede ser desplazada bajo el control de un circuito de vigilancia electrónica con el fin de mantener las tasas de rotación del generador tan cerca de ser constantes como sea posible. Además, la turbina puede emplear dos o más generadores 360 pequeños en línea, de alta velocidad, en serie, conectados por embragues 362 (sean electromagnéticos o mecánicos), como se muestra en la figura 3D, de manera que a medida que cambia la velocidad de viento se produce la cantidad deseada de la electricidad. Por ejemplo, cuando se encuentra con vientos de alta velocidad, la turbina podría emplear tres generadores conectados al árbol de transmisión por medio de embragues. Dos generadores conectados podrían emplearse para vientos moderados y un solo generador emplearse cuando se presentan condiciones de poco viento. En todos estos casos, se pueden emplear circuitos de control de regulación de energía sofisticados con el fin de producir energía de más alta calidad y para entregar la potencia máxima al usuario final o a una red eléctrica. Tal y como se apreciará, el uso de pequeños generadores de alta velocidad en línea ofrece ventajas. Por ejemplo, la disposición del generador en línea reduce la obstrucción del flujo de aire a través de la turbina y proporciona beneficios en la capacidad de servicio según en la que uno o más generadores pueden funcionar aún, si uno está siendo reparado. Además, los generadores más pequeños son más fáciles de transportar y de montar.

30 También, en las zonas de la Clase 6 y la Clase 7 que gozan comparativamente de altas velocidades medias del viento, es bien sabido que los grandes rotores de turbinas convencionales tienen distintos problemas con la rotación de alta velocidad. Las palas de rotor del orden de 40 a 70 metros a menudo encuentran vientos significativamente

diferentes en la parte superior de su rotación que en la parte inferior debido a que la velocidad del viento tiende a variar con la altura. Esto puede verse agravado por las corrientes, en gran medida impredecibles, de chorro de bajo nivel que impactan contra las palas de rotor únicamente en la parte superior de su rotación. Una dificultad adicional es que, incluso en regímenes de viento estables, la punta de la pala de rotor se desplaza mucho más rápido que la raíz de la pala de rotor y por lo tanto está sujeta a tensiones muy diferentes. En algunos casos, estos factores producen vibraciones de gran alcance que pueden estresar la estructura de la pala de rotor y conducirla a su fallo prematuro. Para hacer frente a estos factores, la turbina 250, cuando se utiliza en este tipo de entorno de alta velocidad de viento, puede incluir amortiguación pasiva de la pala de rotor, tanto de frenado pasivo como activo para mantener las tasas de rotación dentro de tolerancia, y el frenado activo del tipo descrito anteriormente para imponer una carga adicional en el árbol del rotor con el fin de controlar las tasas de rotación. La turbina también puede emplear uno o más medios de sensor (que pueden ser mecánicos, ópticos, etc.) mediante los cuales un circuito de control puede controlar la pala de rotor para dicha vibración y compensar activamente una vibración de las palas no deseada. Este proceso de compensación puede implicar la utilización de la amortiguación pasiva, un cambio en todas y cada una de las características de la pala de rotor y/o, la compensación activa de las vibraciones no deseadas mediante la detección de ellas muy rápidamente, y la generación de una forma de onda activa, 180 grados fuera de fase con la vibración, con el fin de efectuar la cancelación de las vibraciones mediante una retroalimentación por etapas.

Aunque las realizaciones anteriores, muestran un diseño de la pala de rotor, donde los tubérculos 24 están formados integralmente a lo largo del borde 22 de ataque de la pala 10 de rotor, están disponibles alternativas. Por ejemplo, volviendo ahora a la figura 1C, una conexión de pala de rotor adecuada para retroadaptar una pala de rotor convencional existente se muestra y, en general se identifica por el número de referencia 310. Dicha conexión de pala de rotor puede estar conectada al borde 22 de ataque de la pala 10 de rotor mediante diversos medios convencionales con el fin de proporcionar a la pala de rotor una mayor sustentación y reducir la fricción. Dicha conexión de las palas de rotor retroadaptadas, preferentemente, debería ser empleada con ajustes a todos los subsistemas asociados, incluyendo pero no limitado a los parámetros de funcionamiento, software de control del subsistema, sensores ambientales y respuesta automatizada, funcionamiento del actuador servo de cabeceo, etc., como se discute a continuación. Hay que señalar que tales retroadaptaciones deben hacerse preferentemente en las palas de rotor implementadas con control de potencia de cabeceo controlado en el que la sustentación mejorada puede implementarse sin comprometer el control de potencia pasivo. La aplicación de tales bordes de ataque retroadaptados de las palas de rotor a las palas de rotor con regulación de parada convencional requerirá la fabricación del componente de tal manera que se convierta el factor de forma retorcido de un rotor convencional de acuerdo con esta invención. Tales componentes de retroadaptación deben ser diseñados dentro de dichos parámetros de equilibrio para ajustar el factor de forma real de los rotores individuales con control de parada.

Los principios fundamentales de funcionamiento y de hecho muchos de los criterios de ingeniería de generadores de turbinas y compresores son idénticos. Por lo tanto, las turbinas descritas anteriormente son aplicables para utilizarse, básicamente, en todas las formas de compresores, ventiladores y generadores de turbina. En otras palabras, las palas de rotor se utilizan en una amplia gama de productos, como por ejemplo los compresores de turbinas de motores a reacción, incluyendo los turbopropulsores, automóviles, equipos de aire acondicionado, turbinas hidráulicas, turbinas de vapor térmicas y nucleares, sistemas de potencia de lanchas, ventiladores rotativos, bombas de turbina y giratorias, limpiadoras a presión, por nombrar sólo unos pocos.

Tal y como se apreciará por los expertos en el estado de la técnica, las turbinas pueden ser utilizadas en los casos en los que los flujos de fluidos son constantes en o cerca de las tasas de flujo de fluido. En tales casos, sólo se requieren medios mínimos para hacer coincidir engranajes apropiados, generadores, y dispositivos de control de generación de potencia eléctricos y electrónicos. Alternativamente, las turbinas pueden ser utilizadas en los casos en los que los flujos de fluidos sean ampliamente variables.

Aunque se han descrito modos de realización de la presente invención, los expertos en el estado de la técnica apreciarán que pueden hacerse variaciones y modificaciones sin apartarse del alcance de la misma tal como se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una turbina/compresor que comprende:
- al menos un dispositivo magneto-eléctrico;
un tren de transmisión acoplado a dicho dispositivo magneto-eléctrico; y
- 5 una pluralidad de palas de rotor acopladas a dicho tren de transmisión, teniendo cada pala de rotor un borde de ataque conformado que se extiende generalmente a lo largo de la longitud de dicha pala de rotor, estando dicho borde de ataque conformado para definir una serie de tubérculos separados que se extienden hacia delante estando dichos tubérculos dimensionados y proporcionados para mejorar la sustentación, proporcionar características mejoradas de parada, reducir la fricción y reducir el bombeo de envergadura.
- 10 2. Una turbina/compresor de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende además un sistema de control para ajustar la orientación de dichas palas de rotor, de modo que dichas palas de rotor se enfrentan al flujo de fluido entrante.
3. Una turbina/compresor de acuerdo con la reivindicación 2 que comprende además un segundo sistema de control para alterar la forma de dichas palas de rotor.
- 15 4. Una turbina/compresor de acuerdo con la reivindicación 3 en la que dicho segundo sistema de control altera el cabeceo de dichas palas de rotor.
5. Una turbina/compresor de acuerdo con la reivindicación 3 en la que dicho segundo sistema de control altera la separación y/o la forma de dichos tubérculos.
- 20 6. Una turbina/compresor de acuerdo con la reivindicación 1 en la que dicho tren de transmisión es un árbol directamente acoplado a dichas palas de rotor y a dicho dispositivo magneto-eléctrico.
7. Una turbina/compresor de acuerdo con la reivindicación 1 en la que dicho tren de transmisión incluye un árbol de transmisión y una disposición de transmisión que actúa entre dichas palas de rotor y el dispositivo magneto-eléctrico.
8. Una turbina/compresor de acuerdo con la reivindicación 7 que comprende además un sistema de control para ajustar la orientación de dichas palas de rotor de modo que dichas palas de rotor se enfrentan al flujo de fluido entrante.
- 25 9. Una turbina/compresor de acuerdo con la reivindicación 8 que comprende además un segundo sistema de control para alterar la forma de dichas palas de rotor.
10. Una turbina/compresor de acuerdo con la reivindicación 9 en la que dicho segundo sistema de control altera el cabeceo de dichas palas de rotor.
- 30 11. Una turbina/compresor de acuerdo con la reivindicación 10 en la que dicho segundo sistema de control altera la separación y/o la forma de dichos tubérculos.
12. Una turbina/compresor de acuerdo con la reivindicación 1 en la que dicho al menos un dispositivo magneto-eléctrico es al menos un generador y en el que cada pala de rotor experimenta una torsión entre la punta y la raíz, siendo seleccionado el grado de torsión para alcanzar la sustentación mejorada y las características de parada mejoradas.
- 35 13. Una turbina/compresor de acuerdo con la reivindicación 12 que además comprende un sistema de control para ajustar la orientación de dichas palas de rotor de modo que dichas palas de rotor se enfrenten al flujo de fluido entrante.
14. Una turbina/compresor de acuerdo con la reivindicación 13 que comprende además un segundo sistema de control para alterar la forma de dichas palas de rotor.
- 40 15. Una turbina/compresor de acuerdo con la reivindicación 14 en la que dicho tren de transmisión es un árbol directamente acoplado a dichas palas de rotor y a dicho generador.
16. Una turbina/compresor de acuerdo con la reivindicación 14 en la que dicho tren de transmisión incluye un árbol de transmisión y una disposición de transmisión que actúa entre dichas palas de rotor y el generador.
- 45 17. Una turbina/compresor de acuerdo con la reivindicación 16 que comprende además una pluralidad de generadores conectados.

18. Una turbina/compresor de acuerdo con la reivindicación 17 en la que dichos generadores conectados están en línea.

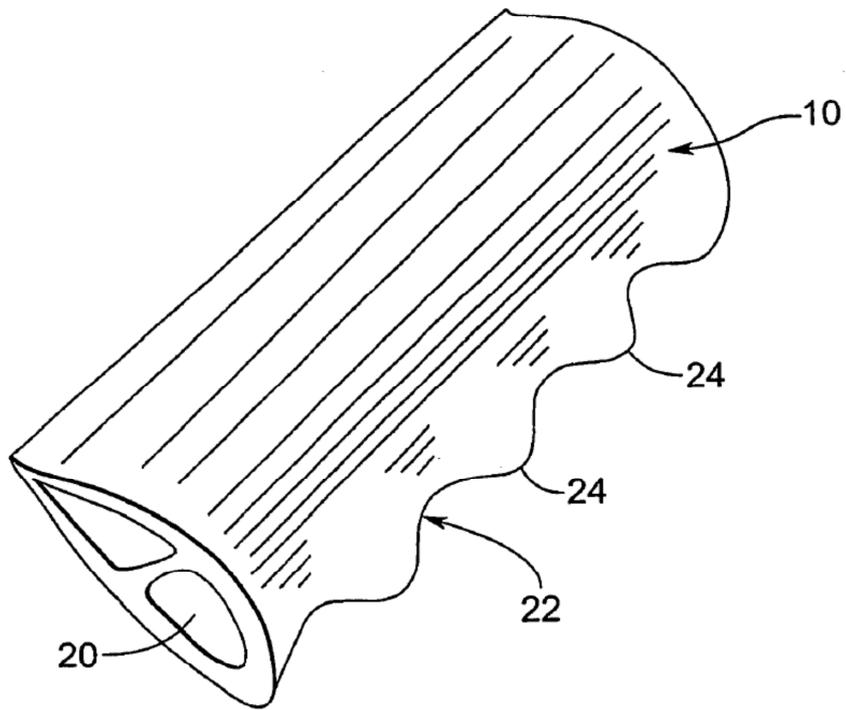


FIG. 1A

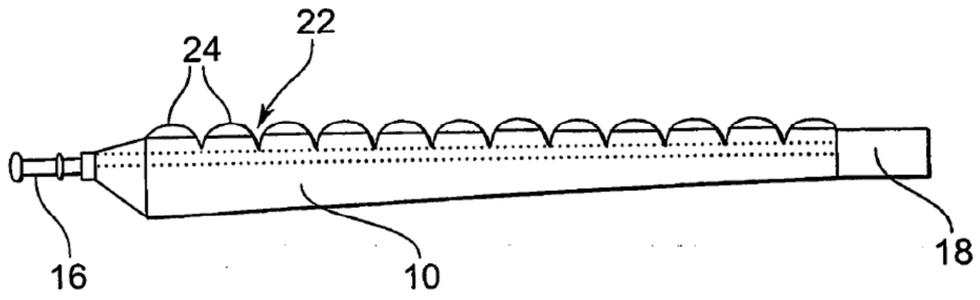


FIG. 1B

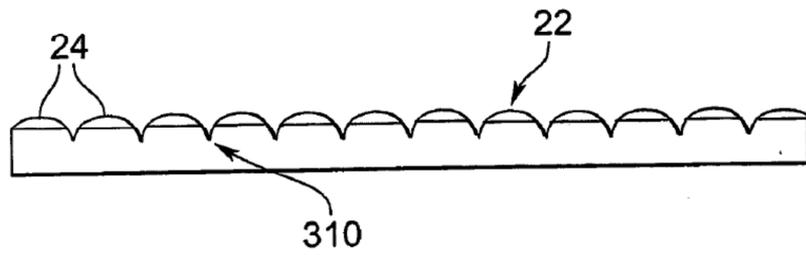


FIG. 1C

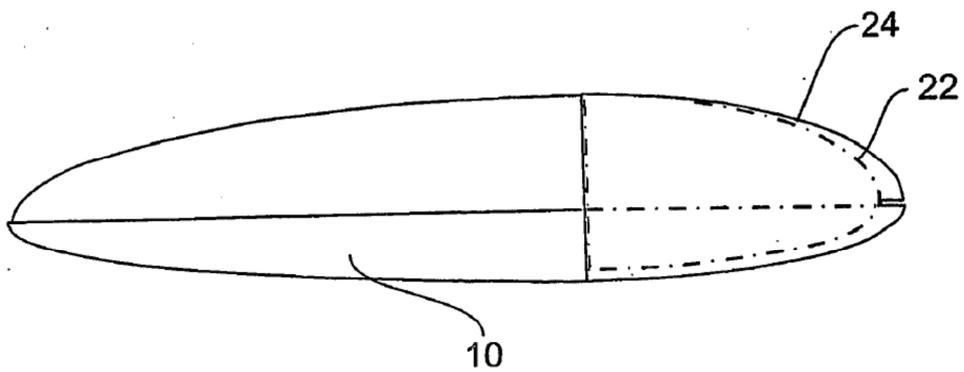


FIG. 2

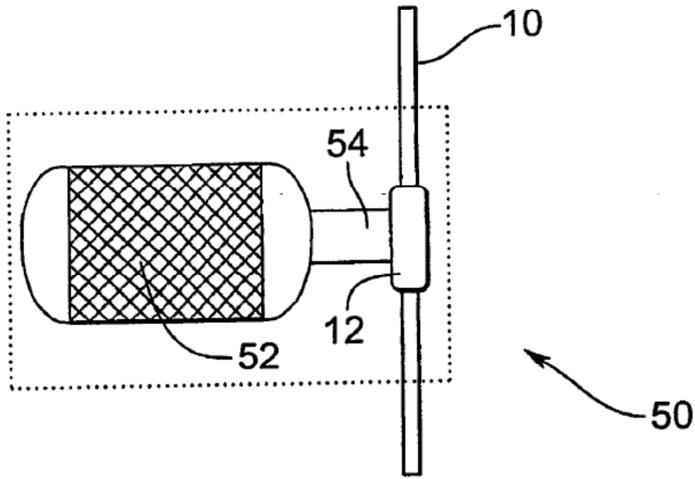


FIG. 3A

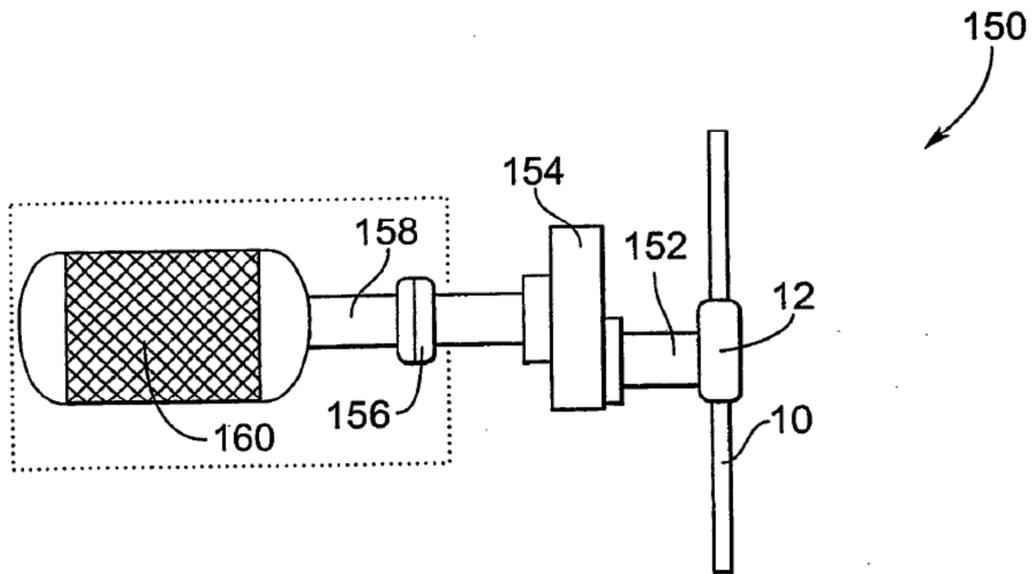


FIG. 3B

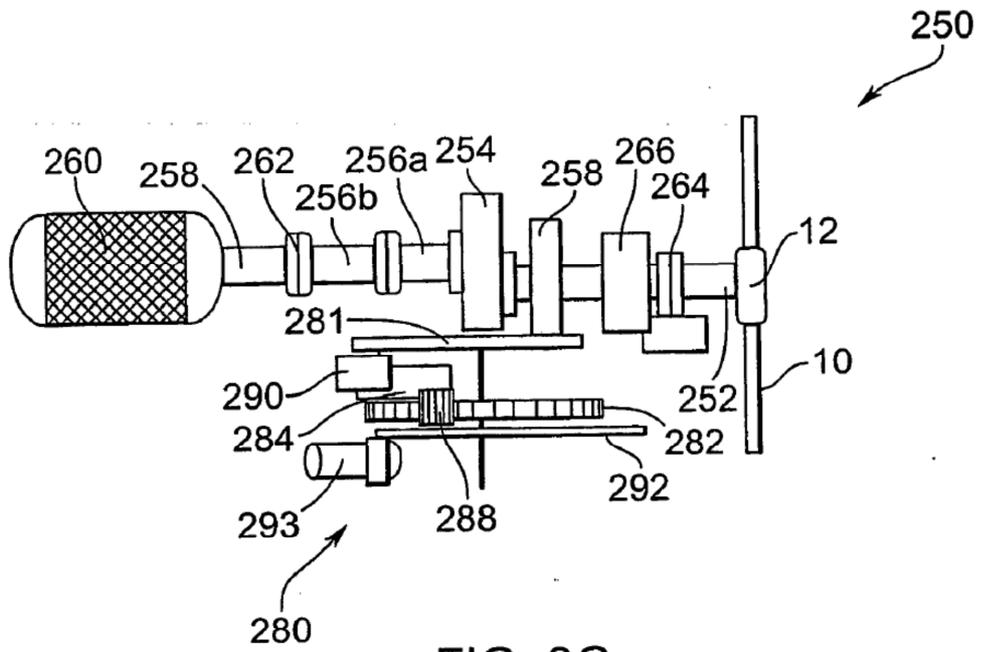


FIG. 3C

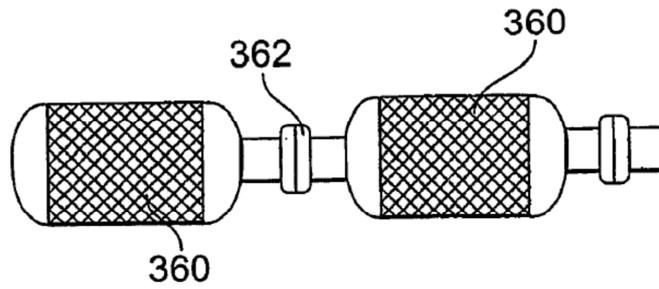


FIG. 3D